

5

10 Schaltregler

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einem Schaltregler, in dessen Regelkreis ein Fehlersignalverstärker vorgesehen ist, der im wesentlichen P-Verhalten aufweist und der auf einen Pulsdauer- oder Pulsfrequenzmodulator für das Schaltregler-Stellglied einwirkt. Ein solcher Schaltregler ist bekannt aus EP 0 355 333 B1.

20

25

30

Beim Schaltregler gemäß der EP 0 355 333 B1 werden Störsignale auf der Eingangsspannung in ihrer Auswirkung auf die Ausgangsspannung des Schaltreglers optimal unterdrückt, ohne daß eine Beeinträchtigung der Regelgeschwindigkeit, z.B. bei Lastsprüngen, auftritt. Um bei Lastsprüngen am Ausgang, z.B. beim TDMA-Betrieb eines Wanderfeldröhrenverstärkers in einem Satelliten, große Spannungseinbrüche zu vermeiden, muß der Spannungsregelkreis entsprechend dimensioniert sein (Hoher P-Anteil im Fehlersignalverstärker). Dies geht wiederum nur bei entsprechend großer Ausgangskapazität, wenn keine Regelstabilitätsprobleme auftreten sollen.

35

EL594606890us

## Vorteile der Erfindung

Mit den Maßnahmen gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelingt es den Regelkreis mit niedrigem Proportionalanteil zu dimensionieren. Die Schaltreglerausgangskapazitäten können, ohne daß Regelstabilitätsprobleme auftreten, verkleinert werden. Dies führt zu einer verkleinerten Bauweise von Schaltreglern in Hochspannungsteilen, wo ein beträchtlicher Aufwand für Glättungskondensatoren notwendig ist.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß durch eine sogenannte Vorwärtssteuerung der Regelkreis mit einem niedrigen Proportionalanteil dimensioniert werden kann; d.h. der Lastsprung wird unter weitgehender Umgehung des Fehlersignalsverstärkers direkt erfaßt und dem Pulsdauer- oder Pulsfrequenzmodulator zugeführt, ohne daß der eigentliche Regelkreis reagieren muß. Durch diese Vorsteuerung ergeben sich bei Lastsprüngen weniger Regelverzögerungen, ohne daß Stabilitätsprobleme auftreten.

Wenn lediglich der Wechselanteil des Laststromes für die Vorsteuerung erfaßt wird, klingt die Vorsteuerung mit einer Zeitkonstanten ab, die so gewählt werden kann, daß der Fehlersignalverstärker die abklingende Vorsteuerung mühelos ausgleichen kann.

## Zeichnungen

Anhand der Zeichnungen werden Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Es zeigen:  
Figur 1 ein Prinzipschaltbild eines Schaltreglers nach der Erfindung,

Figur 2 eine Auswerteeinrichtung zur Erfassung eines Lastsprunges, Figur 3 die Erfassung des Kollektorstromes eines Wanderfeldröhrenverstärkers.

## 5 Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Der in Figur 1 dargestellte Schaltregler ist als Buck- (Abwärts-)Regler ausgebildet. Er weist eine Eingangsgleichspannungsquelle  $Q_E$  mit einer Klemmenspannung  $U_E$  auf.

10 Zwischen dem Pluspol der Eingangsgleichspannungsquelle  $Q_E$  und dem Pluspol des Schaltreglerausganges mit der Ausgangsspannung  $U_A$  liegt die Serienschaltung des Schaltreglerstellgliedes  $S_1$  in Form eines Schalttransistors und der Schaltreglerinduktivität  $L$ . Die Freilaufdiode des Schaltreglers

15 ist mit  $DF$  bezeichnet und der ausgangsseitige Glättungskondensator mit  $CG$ . Die Ausgangsspannung  $U_A$  wird einem Fehlersignalverstärker  $KO$  zugeführt, der diese mit einer Referenzspannung  $U_{r1}$  vergleicht. Übersteigt die Ausgangsspannung  $U_A$  die Referenzgleichspannung  $U_{r1}$ , so wird an den

20 Pulsdauermodulator  $PBM$  (nichtinvertierender Eingang), dessen Ausgangssignal das Tastverhältnis (Einschalt- zu Ausschalt-dauer) des Stellgliedes  $S_1$  bestimmt, ein Steuersignal abgegeben. An den invertierenden Eingang des Pulsbreitenmodulators  $PBM$  und gemeinsamer Masse ist die Serienschaltung

25 aus einem Widerstand  $R_1$  und zwei Signalquellen  $Q_{SV}$ ,  $Q_{SK}$  angeschlossen, die sägezahnförmige Signale  $U_{SV}$  und  $U_{SK}$  liefern. Am Widerstand  $R_1$  fällt eine zum Eingangsstrom des Schaltreglers proportionale Spannung ab. Dies wird dadurch erreicht, daß der Widerstand  $R_1$  von dem gleichgerichteten

30 Sekundärstrom eines Stromwandlers  $SMW$  durchflossen wird, dessen Primärwicklung sich am Schaltregler-Eingangsstromkreis zwischen Eingangsgleichspannungsquelle  $Q_E$  und dem Stellglied  $S_1$  befindet. Die Signalquelle  $Q_{SK}$  führt eine Sägezahnspannung

$$U_{SK}(t) = \hat{U}_{SK} t/T$$

wobei  $t$  die Zeit,  $T$  die Periodendauer der Sägezahnwiederhol-  
frequenz und  $\hat{U}_{SK}$  die Maximalamplitude der Sägezahnspannung  
angibt. Die Maximalamplitude  $\hat{U}_{SK}$  der Sägezahnspannung wird

5 konstant gehalten.  $R_M$  bezeichnet den Widerstandswert des  
Widerstandes  $R_1$  zur Erfassung des Stromes durch das  
Stellglied, bzw. in dem in Figur 1 gezeigten Fall der  
Stromerfassung mit einem Stromwandler den mit dem Kehrwert  
des Übersetzungsverhältnisses des Stromwandlers  $SMW$

10 multiplizierten Widerstandswert. Es gilt dann  $R_M = \frac{R_1}{\hat{u}}$ ,

wobei  $\hat{u}$  das Übersetzungsverhältnis des Stromwandlers  $SMW$   
angibt. Um die Stabilitätsbedingungen einhalten zu können,  
ist also eine bestimmte Minimum-Sägezahnampplitude nötig, die  
allein durch die Regelung in Abhängigkeit der Ausgangs-  
15 spannung  $U_A$  nicht bereitgestellt werden kann. Die Wirkung  
der Stromsteuerampplitude läßt sich dadurch verändern, indem  
man die Sägezahnampplitude durch die Eingangsspannung  
moduliert. Dazu ist eine weitere Signalquelle  $Q_{SV}$   
vorgesehen, die eine Sägezahnspannung

$$U_{SV}(t) = \frac{1}{RC} \int_0^t U_E(t) dt$$

20 führt. Diese Sägezahnspannung  $U_{SV}(t)$  ist somit proportional  
zur aufintegrierten Eingangsspannung  $U_E(t)$ . Die Zeitabhän-  
25 gigkeit der Eingangsspannung  $U_E$  des Schaltreglers rührt im  
wesentlichen von überlagerten Wechselanteilen, wie z.B. bei  
einem Schaltnetzteil eine 100 Hz Brummspannung. Eine  
optimale Unterdrückung dieser Störung liegt vor, wenn der  
arithmetische Mittelwert des Stromes  $I_0$  durch die Induk-  
30 tivität  $L$  konstant ist. Zur optimalen Unterdrückung von  
Eingangsspannungsänderungen und Einhaltung der Stabilitäts-  
forderung müssen Bedingungen eingehalten werden, die im  
einzelnen aus der EP 0 355 333 B1 hervorgehen.

Erfindungsgemäß wird nun über eine Auswerteschaltung A, die im gezeigten Ausführungsbeispiel zwischen dem ausgangsseitigen Glättungskondensator CG und einer Schaltregler-Ausgangsklemme angeordnet ist, das Lastsprungverhalten des Schaltreglers erfaßt, insbesondere der Wechselanteil des Laststromes  $I_L$ , in geeigneter Weise verstärkt und über eine Einkoppeleinrichtung E zwischen dem im wesentlichen P-Verhalten aufweisenden Fehlersignalverstärker KO und dem Pulsdauermodulator PBM zugeführt.

Durch die Zuführung des lastsprungabhängigen Signals direkt an den Eingang des Pulsbreitenmodulators PBM ändert sich die Reglerstabilität, insbesondere hinsichtlich Phasenreserve und Betragsrand nicht. Die Einkoppeleinrichtung E kann, wie in Figur 1 dargestellt, aus einem einfachen Addierknoten oder aus einer Addierschaltung bestehen, wo das Ausgangssignal des Fehlersignalverstärkers KO mit dem von der Auswerteschaltung A erfaßten Signal verknüpft wird. Die Zuführung der beiden Verknüpfungssignale zum Addierknoten erfolgt vorzugsweise über gleich große Widerstände RF1 und RF2.

Wie Figur 2 zeigt, erfolgt die Erfassung des Wechselanteils des Laststromes  $I_L$  durch die Auswerteschaltung A vorzugsweise über einen Strommeßwandler SW und einen nachgeschalteten Verstärker V. Liegt keine Laststromänderung, d.h. keine Änderung des Stromes  $I_L$ , z.B. bei einem Lastsprung, vor, so liegt am Widerstand RF1 kein Signal an. Wie aus Figur 1 hervorgeht, wirkt sich bei gleich großen Widerständen RF1 und RF2 das Ausgangssignal des Fehlersignalverstärkers KO am Pulsdauermodulator PBM mit der halben Amplitude  $1/2 U_{K0}$  aus. Wird nun die Regelverstärkung um den Faktor zwei erhöht, so erkennt man, daß die zusätzliche Vorsteuerung über das durch die Auswerteschaltung A erfaßte Signal keinen Einfluß auf den normalen Regelkreis ausübt; d.h. die Reglerstabilität wird nicht verändert. Liegt nun

eine Laständerung, d.h insbesondere eine Modulation des Laststromes vor, wird der Pulsdauermodulator PBM in geeigneter Weise vorgesteuert, ohne daß der eigentliche Regelkreis reagieren muß.

5

Da vorzugsweise nur der Wechselanteil des Laststromes  $I_L$  erfaßt wird, klingt die Vorsteuerung mit der Zeitkonstanten  $TAU = LH/RS$  ab, wobei LH die Hauptinduktivität des Strommeßwandlers SW darstellt und RS den in Figur 2

10 dargestellten Querwiderstand. Die Zeitkonstante TAU wird insbesondere so groß gewählt, daß der Fehlersignalverstärker KO die abklingende Reglerabweichung der Vorsteuerung mühelos ausgleichen kann.

15

Anstelle eines Pulsdauermodulators kann auch ein Pulsfrequenzmodulator für den Schaltregler vorgesehen sein. Außerdem kann die Erfindung bei beliebigen Schaltreglertypen, z.B. einem Aufwärtssteller, einem Flußwandler, Sperrwandler usw. angewendet werden. Die Erfindung eignet

20 sich insbesondere für Hochspannungsteile für Wanderfeldröhrenverstärker in Bodenstationen oder Satelliten, wo der Glättungs- bzw. Siebaufwand gering gehalten werden soll. Der erfaßte Laststrom ist dann insbesondere der Kollektorstrom der Wanderfeldröhre, der mittels dem Strommeßwandler SW auf

25 die Niederspannungsseite des Schaltreglers transformiert wird.

25

Je nach Schaltreglertyp und den Störeinflüssen, z.B. Eingangsspannungsänderungen usw., sind die zur optimalen

30 Reglerstabilität erforderlichen Signale am zweiten Eingang des Pulsbreitenmodulators/-Frequenzmodulators verschieden.

30

Bei dem in Figur 3 der EP 0 355 333 B1 vorgestellten Schaltregler sind dies:

35

- ein sägezahnförmiges Signal  $Q_{SK}$  konstanter Amplitude,

- ein zum Strom durch das Stellglied S1 proportionale Signal  $RMI_L$ ,

- ein sägezahnförmiges Signal  $Q_{SV}$ , dessen Spitzenamplitude proportional zur aufintegrierten Eingangsspannung des Schaltreglers gewählt ist.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 der EP 0 355 333 B1 kommt noch ein Gleichspannungssignal  $U_W$  hinzu, das proportional zur Höhe der Eingangsspannung des Schaltreglers gewählt ist.

Ein lastsprungabhängiges Signal kann bei der Erfindung auch durch eine andere Größe als dem Laststrom erhalten werden, z.B. durch die Erfassung von Spannungssprüngen im Schaltregler-Leistungskreis. Diese Größen können entsprechend verarbeitet werden und als Vorsteuersignal dem Pulsdauer- oder Pulsfrequenzmodulator zugeführt werden.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 3 der Erfindung wird der Wechselanteil des Kollektorstroms eines Wanderfeldröhrenverstärkers erfaßt. Der Schaltregler wird hier als Vorregler für einen Gegentaktwandler GW eingesetzt. Im Ausgangskreis des Gegentaktwandlers GW befindet sich ein Hochspannungstransformator HT, der über die Hochspannungsgleichrichterschaltung HG die Versorgungsspannungen für die Wanderfeldröhre WF liefert. In der Kollektorzuleitung zum Kollektor K der Wanderfeldröhre WF befindet sich die Primärwicklung des Strommeßwandlers SW1 der Auswerteschaltung A zur Auswertung des Kollektorstromes IC. Die Sekundärwicklung ist wie in Figur 2 gezeigt beschaltet. Der Ausgang der Auswerteschaltung A führt, wie in Figur 1 gezeigt, über den Widerstand  $RF1$  zur Einkoppeleinrichtung E. Bei Wanderfeldröhren mit zwei Kollektoren genügt, wie in Figur 3 dargestellt, normalerweise die Auswertung eines Kollektorstromes

insbesondere jenes Kollektors der in unmittelbarer Nachbarschaft des Wehneltzylinder gelegen ist.



5

10

### Patentansprüche

15

1. Schaltregler in dessen Regelkreis ein Fehlersignalverstärker (KO) vorgesehen ist, der im wesentlichen P-Verhalten aufweist und der auf einen Pulsdauer- oder Pulsfrequenzmodulator (PBM) für das Schaltreglerstellglied (S1) einwirkt mit folgenden Merkmalen:

20

- Es ist eine Auswerteschaltung (A) zur Erfassung des Lastverhaltens des Schaltreglers vorgesehen,
- zwischen dem Fehlersignalverstärker (KO) und dem Pulsdauer- oder Pulsfrequenzmodulator (PBM) ist eine Einkoppeleinrichtung (E) für das von der Auswerteschaltung (A) erfaßte Signal vorgesehen.

25

30

2. Schaltregler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einkoppeleinrichtung (E) am Eingang des Pulsdauer- oder Pulsfrequenzmodulators (PBM) aus einer Addierschaltung oder einem Addierknoten besteht, wo das Ausgangssignal des Fehlersignalverstärkers (KO) mit dem von der Auswerteschaltung (A) erfaßten Signal verknüpft wird.

35

3. Schaltregler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitude des Ausgangssignals des Fehlersignalsverstärkers (KO), bzw. die Verstärkung des

Fehlersignalsverstärkers in dem Maße gegenüber einem Schaltregler ohne Einkoppeleinrichtung verändert wird, wie es der von der Auswerteschaltung (A) erfaßten lastsprungabhängigen Größe entspricht.

5

4. Schaltregler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das von der Auswerteschaltung (A) erfaßte Signal der Wechselanteil des Laststromes (IL) des Schaltreglers ist.

10

5. Schaltregler nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die der Addierschaltung (E) bzw. dem Addierknoten zugeführten Signale über gleich große Widerstände (RF1, RF2) geleitet sind.

15

6. Schaltregler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das von der Auswerteschaltung (A) erfasste Signal als Vorsteuersignal für den Pulsdauer- oder Pulsfrequenzmodulator (PBM) vorgesehen ist, wobei die Zeitkonstante der Auswerteschaltung (A) so gewählt ist, daß der Fehlersignalverstärker (KO) die vom Vorsteuersignal verursachte abklingende Regelabweichung ausgleichen kann.

20

7. Schaltregler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung (A) aus einem Strommeßwandler (SW) mit nachgeschaltetem Verstärker (V) besteht.

25

8. Schaltregler nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß dem Pulsdauer- oder Pulsfrequenzmodulator (PBM) einerseits das Ausgangssignal des Fehlerverstärkers (KO) mitsamt überlagertem Ausgangssignal der Auswerteschaltung (A) zugeführt und andererseits die Kombination aus mindestens zwei der folgenden Signale:

30

- einem sägezahnförmigen Signal ( $Q_{SK}$ ) konstanter Amplitude,

35

- einem zum Strom durch das Stellglied (S1) proportionalem Signal ( $RM \cdot I_L$ ),
- einem sägezahnförmigen Signal ( $Q_{SV}$ ), dessen Spitzenamplitude proportional zur aufintegrierten Eingangsspannung des Schaltreglers gewählt ist,
- einem Gleichspannungssignal ( $U_W$ ), das proportional zur Höhe der Eingangsspannung des Schaltreglers gewählt ist.

9. Schaltregler nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß über die Auswerteschaltung (A) der Kollektorstrom (IC) einer Wanderfeldröhre (WF) erfaßt wird.

5

10

#### Zusammenfassung

15

Bei einem Schaltregler, dessen Fehlersignalverstärker (KO) im wesentlichen P-Verhalten aufweist, wird über eine Auswerteschaltung (A) das Lastsprungverhalten des Schaltreglers erfaßt. Dieses Signal wird unter weitgehender Umgehung des Fehlersignalverstärkers (KO) für den

20

Schaltregler direkt dem Pulsdauer- oder Pulsfrequenzmodulator (PBM) für das Stellglied (S1) zugeführt.

25

Durch diese Maßnahme können Ausgangskapazitäten des Schaltreglers ohne Stabilitätsprobleme verkleinert werden.

Figur 1